

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

2 267 987

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21)

N° 74 13706

(54) Procédé de fabrication d'un guide d'onde optique à partir d'une préforme, préformes et fours correspondants.

(51) Classification internationale (Int. Cl.²). **C 03 B 37/02; G 02 B 5/14.**

(22) Date de dépôt 19 avril 1974, à 14 h 59 mn.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande B.O.P.I. — «Listes» n. 46 du 14-11-1975.

(71) Déposant : HAUSSONNE Jean-Marie et REVCOLEVSCHI Alexandre, résidant en France.

(72) Invention de :

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet René Martinet.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un guide d'onde optique ou fibre optique par étirage d'une préforme comportant une région de coeur et une région de gaine telles que l'indice de réfraction de la première est supérieur à celui de la seconde; elle a trait également à un four permettant la mise en oeuvre de ce procédé, ainsi qu'à des préformes également adaptées au même procédé.

Pour que la lumière puisse se propager à l'intérieur d'un guide d'onde, il faut que le milieu de transmission présente deux indices de réfraction différents, la lumière se propageant dans le milieu d'indice supérieur et se réfléchissant sans pertes sur le milieu d'indice inférieur. Le milieu d'indice supérieur est généralement appelé le coeur de la fibre et le milieu d'indice inférieur la gaine. Plus la différence d'indice entre le coeur et la gaine est importante, plus la quantité de lumière qui s'échappe de la fibre diminue. Cependant, si l'on veut que la lumière transmise soit limitée à des modes présélectionnés, on doit choisir très soigneusement l'indice de réfraction du coeur, l'indice de réfraction de la gaine et le diamètre du coeur. Ainsi, pour un mode ayant une valeur de coupure u , on définit une valeur caractéristique R de la fibre telle qu'un mode particulier ne puisse se propager à l'intérieur de la fibre que si R est supérieur ou égal à la valeur de coupure u . Par exemple, le mode HE_{11} est le seul à se propager si R est inférieur à $2,405 \mu m$.

R est défini par l'expression :

$$R = \frac{2\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

où :

a est le rayon de coeur de la fibre

λ la longueur d'onde de la lumière à transmettre

n_1 l'indice de réfraction du coeur

et

n_2 l'indice de réfraction de la gaine.

Pour que le guide soit effectivement utilisable, il faut qu'il soit compatible avec les sources lumineuses actuellement disponibles; la plage de longueurs d'onde accessible est comprise entre $0,8$ et $1,06 \mu m$. Il doit présenter une atténuation totale la

plus faible possible. Le matériau dont l'atténuation minimale se situe entre 0,8 et 0,9 μm est actuellement la silice synthétique (SiO_2), qu'il est possible d'obtenir avec un degré de pureté exceptionnel, l'ajustement des indices de coeur et de gaine étant
5 réalisé par l'apport de cations d'impuretés appropriées.

Les qualités de transmission d'un guide d'onde sont liées à l'absence quasi absolue d'impuretés indésirables dans le verre, la présence de quelques dizaines de milliardièmes de métaux de transition ou d'ions OH suffisant à rendre le guide inapte à la
10 transmission de la lumière sur de grandes distances, l'absorption de celle-ci y étant trop importante. Il est donc nécessaire de travailler dans des conditions de propreté draconiennes.

Le guide peut être constitué d'un coeur et d'une gaine comportant variation abrupte de l'indice de l'une à l'autre ou bien
15 d'un coeur et d'une gaine tels que le passage de l'une à l'autre se fasse par une zone à gradient d'indice.

Ce gradient d'indice peut être obtenu par échange d'ions ou encore par diffusion d'ions d'une région à l'autre. Les procédés correspondants consistent généralement à disposer le verre de
20 coeur et le verre de gaine dans deux creusets coaxiaux se terminant inférieurement par des buses également coaxiales et à chauffer l'ensemble pour porter les verres à une température, donc à une viscosité suffisante pour permettre un calibrage par étirage des deux verres. Ces procédés ont l'inconvénient majeur de ne pas
25 permettre d'obtenir des fibres d'une composition parfaitement exempte d'impuretés étrangères.

Il est également possible de partir d'une préforme composée d'un barreau de coeur revêtu extérieurement d'un matériau de gaine déposée à partir d'une phase gazeuse (d'une manière qui sera
30 précisée plus loin) ou d'un tube de gaine revêtu intérieurement d'un matériau de coeur, également déposé à partir d'une phase gazeuse. Mais l'obtention d'un gradient d'indice est alors difficile et surtout les procédés de chauffage employés ne donnent pas comme on va le voir entière satisfaction.

35 D'une façon plus précise, la fabrication d'un guide d'onde optique comprend généralement ^{ici} trois étapes distinctes, à savoir : la préparation des matières premières, celle de la préforme et l'étirage de la préforme en guide d'onde, cette troisième opération étant appelée fibrage.

L'invention concerne le fibrage et s'intéresse à la seconde étape dans la mesure où la dernière étape impose certaines exigences à la préparation de la préforme.

Or, pour donner à la préforme la viscosité et par conséquent
5 la température nécessaire au fibrage, on utilise à ce jour comme moyens de chauffage le four à effet Joule, le four à induction haute fréquence, le chalumeau à flamme et le chalumeau à plasma.

Les fours à effet Joule et à induction haute fréquence présentent pour cette application les inconvénients suivants :

- 10 a) difficulté de réaliser à l'intérieur du four un fort gradient thermique nécessaire à l'obtention d'une bonne qualité de fibre, en évitant la diffusion d'impuretés indésirables dans le verre, en palliant les phénomènes de dévitrification et de trempe du verre, etc.;
- 15 b) risque de pollution de la préforme par des impuretés sublimées à partir des réfractaires du four;
- c) difficulté de travailler en cas de besoin sous atmosphère contrôlée (par exemple oxydante, réductrice ou neutre ou encore sous vide plus ou moins poussé);
- 20 d) difficulté d'observer visuellement l'évolution de la préforme dans le four;
- e) pertes de temps dues au délai nécessaire à porter le four à température convenable;
- f) encombrement du four;
- 25 g) limitation tenant au fait que l'apport de chaleur à la préforme ne peut se faire que dans le sens allant de l'extérieur à l'intérieur de celle-ci;
- h) limitation tenant au fait que l'étirage ne peut se faire que dans le sens vertical descendant. On sait cependant que dans le
30 cas où la qualité de la fibre finie exige que le verre soit amené lors du fibrage à une viscosité relativement faible, il y aurait intérêt à pouvoir pratiquer l'étirage vers le haut. Dans le cas contraire en effet on est gêné par l'écoulement du verre sous l'influence de la gravité, on est obligé de faire tourner trop
35 vite le tambour récepteur de la fibre finie, celle-ci n'a pas alors le temps de se refroidir suffisamment avant son arrivée sur le tambour, d'où risque de création de contraintes internes dans cette fibre et même de casse de celle-ci. On retrouve ainsi

l'utilité d'un fort gradient thermique pour que l'apport de chaleur sur la préforme soit très localisé et que celle-ci ne soit pas amenée à se déformer sous l'action de son propre poids.

Les chalumeaux à flamme et à plasma permettent sans doute d'éviter certains des inconvénients que l'on vient de signaler notamment ceux des rubriques a), b), d), e), f) et h). Mais les autres subsistent et les risques de pollution de la préforme par des impuretés métalliques provenant de l'érosion des éléments que traversent les gaz avant d'arriver dans la flamme ou dans le plasma, ou encore par des ions OH provenant de la combustion des gaz (dans le cas uniquement du chalumeau à flamme) restent préoccupants.

La présente invention a essentiellement pour but de s'affranchir dans une large mesure des inconvénients que présentent les moyens de chauffage utilisés par l'art antérieur pour le fibrage d'une préforme.

A cette fin, un procédé de fabrication de guide d'onde optique par étirage d'une préforme consiste suivant l'invention à partir d'une préforme telle que l'un au moins des matériaux constitutifs des régions de coeur et de gaine est doté dans la préforme d'un état physique la rendant translucide, c'est-à-dire capable d'absorber la lumière et à porter l'extrémité de cette préforme à la température voulue pour qu'elle acquière la viscosité permettant l'étirage en l'avancant progressivement dans l'étroite zone chaude d'un four à concentration d'énergie optique.

On peut se rendre compte dès maintenant que la quasi-totalité des inconvénients signalés ci-dessus en a) à h) des moyens de chauffage utilisés par l'art antérieur pour le fibrage d'une préforme est supprimée. En particulier on peut :

- comme par les chalumeaux, réaliser facilement un fort gradient thermique, de l'ordre de 1500°C/cm, positionner tout aussi facilement la préforme dans ce gradient thermique, ce qui permet d'atteindre très rapidement, donc économiquement, un régime permanent de fibrage, enfin effectuer l'étirage de la préforme vers le haut;
- mais surtout, comme ne le permet aucun des moyens de chauffage antérieurement utilisés,
 - éviter tout risque de pollution de la préforme,
 - réaliser l'apport de chaleur à la préforme directement en une zone cylindrique de rayon prédéterminé,

- travailler en atmosphère contrôlée, c'est-à-dire dans un four à paroi étanche aux gaz,
- pouvoir utiliser pour constituer la préforme un matériau de coeur constituée par une poudre enfermée dans un tube en matériau de gaine, ou encore constituer les deux régions de coeur et de gaine par des poudres,
- enfin, pouvoir réaliser un gradient d'indice dans la fibre finie.

Pour mettre en oeuvre le procédé ainsi défini, l'invention propose d'utiliser un four à image, une source de lumière telle qu'une lampe à arc étant disposée en un premier foyer du four et l'extrémité de la préforme à étirer à l'autre foyer.

Un tel four à image est connu. On en trouvera des descriptions par exemple dans la littérature suivante :

- 15 - Pr. COLLONGUES : "Méthodes récentes pour l'obtention de très hautes températures. Le four à image et le chalumeau à plasma". Sil. Industr. (mars 1962) 27 - 3, pp. 115-128.
- E. GLASER : "On the heating of materials in imaging furnaces" Actes du VIIIème congrès céramique international de Copenhague, 20 1962, pp. 37-44.

On peut également envisager l'emploi de lasers à émission dans le proche infrarouge, par exemple au bioxyde de carbone, disposés radialement autour de ladite zone chaude.

L'invention propose enfin un certain nombre de types de préformes susceptibles de répondre aux besoins du procédé ci-dessus défini.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de plusieurs exemples de fours à image permettant la mise en oeuvre du procédé de l'invention et de plusieurs types de préformes utilisables, ainsi qu'à l'examen des dessins annexés correspondants, dans lesquels :

- la Fig. 1 est une vue en coupe schématique verticale d'un four à image dans lequel l'étirage de la préforme représenté comme se faisant vers le bas, pourrait également se faire vers le haut ;
- 35 - la Fig. 2 est une vue en coupe schématique verticale d'un four à image dans lequel l'axe principal est renvoyé à 90° par un miroir plan ;

BAD ORIGINAL

- les Figs. 3 et 4 sont des vues en coupes schématiques de préformes où les régions translucides constituées par des poudres frittées sont indiquées par des piquetages.

Tel qu'il est représenté à la Fig. 1, un four à image est
 5 constitué par deux miroirs elliptiques 1, 2, calottes ayant leurs concavités tournées l'une vers l'autre et tirées de deux ellipsoïdes longs de révolution autour d'un axe commun S_1S_2 , s'étendant de part et d'autre d'un foyer commun F; ces deux ellipsoïdes ne sont pas obligatoirement de mêmes dimensions. Une source de lumière
 10 3, ici une lampe à arc, est disposée au foyer F_1 du miroir 1, l'objet à chauffer 4, ici l'extrémité effilée d'une préforme en étirage, au foyer F_2 du miroir 2, où se forme l'image de la lampe 3. La température à laquelle est porté l'objet 4 dépend de ses propriétés d'absorption de la lumière et a pour limite supérieure
 15 théorique celle de la source 3. Il faut donc pour que l'échauffement puisse se produire que l'une au moins des parties dont la préforme 4 est constituée absorbe la lumière et soit donc translucide.

Dans ces conditions, la préforme composite (en verres de silice diversement dopés) est rapidement portée dans une étroite
 20 zone proche de son extrémité à une température à laquelle les matériaux dont elle est composée acquièrent une viscosité suffisamment faible pour permettre l'étirage de la préforme (de diamètre D) en une fibre optique (de diamètre d) possédant les caractéristiques d'un guide d'onde.

25 Dans le cas de la Fig. 1, où le miroir-image est comme le miroir-source d'axe horizontal, l'étirage se fait verticalement soit vers le bas (cas de la Fig. 1), soit vers le haut.

La préforme est montée sur un mandrin (non représenté) animé d'un mouvement de translation de vitesse v; de l'autre côté, la
 30 fibre finie s'enroule sur un tambour 5 animé d'un mouvement de rotation tel que la vitesse de translation en résultant pour la fibre soit de vitesse V liée évidemment à v par la relation :

$$D^2v = d^2V$$

35 la valeur commune des deux membres de cette équation qui représente le débit de matière étant liée à la puissance (réglable) de la lampe, aux propriétés d'absorption de lumière de la préforme et aux pertes thermiques. En cas de besoin, on peut disposer sur l'axe commun aux deux miroirs 1, 2, un petit miroir récupérateur 6.

D'un autre côté, la vitesse v est prise de façon que la fibre ait la possibilité de se refroidir suffisamment avant son enroulement sur le tambour.

Le mandrin porteur de la préforme est en outre animé d'un mouvement de rotation de manière qu'elle soit uniformément chauffée sur tout son pourtour.

Dans l'exemple de réalisation de la Fig. 2 où les éléments homologues à ceux de la Fig. 1 sont désignés par les mêmes numéros-repères, l'axe du miroir-image 2 est vertical, les rayons lumineux issus du miroir 1 étant renvoyés à 90° par un miroir plan 7, refroidi par un courant d'eau. Dans ce cas, la préforme étant dirigée suivant l'axe du miroir-image 2 n'a plus besoin d'être entraînée en rotation par son mandrin, mais l'étirage se fait alors obligatoirement vers le haut, la fibre finie traversant une ouverture 8 pratiquée dans la partie centrale du miroir 2.

Exemple (Fig. 2)

Miroir-image

encombrements en direction axiale 7 cm

encombrements en direction perpendiculaire 30 cm

diamètre d'ouverture centrale 7 cm

Ensemble

$S_1 OF$ 78 cm

encombrements en direction axiale FS_2 65 cm

Source de lumière

lampe à arc au xénon de puissance 6,5 KW

Préforme

diamètre de coeur 4 mm

diamètre extérieur de gaine 6 mm

Fibre finie

diamètre de coeur 80 mm

diamètre extérieur de gaine 120 mm

Tambour d'enroulement de la fibre

diamètre 200 mm

vitesse de rotation 50 tours/minute

Vitesses de translation

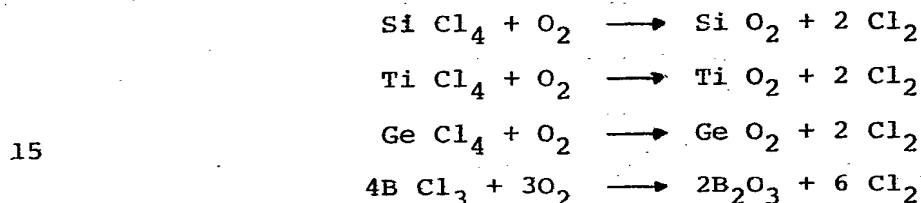
de la préforme 12,56 mm/mn

de la fibre 31,42 mm/mn

Il existe de très nombreuses façons d'obtenir une préforme telle que l'un au moins des matériaux constitutifs des régions de coeur et de gaine soit doté dans la préforme d'un état physique

le rendant translucide, c'est-à-dire capable d'absorber la lumière.

La méthode la plus intéressante au point de vue économique consiste à préparer une ou plusieurs poudres renfermant des matériaux déterminés en proportions déterminées, afin de réaliser la relation d'inégalité voulue entre les indices de réfraction des régions de coeur et de gaine. On utilisera éventuellement la réaction connue de dépôt pulvérulent à partir de phases gazeuses renfermant des chlorures de cations déterminés en proportions déterminées, par oxydation du ou des chlorure(s), suivant des schémas tels que :



Une telle poudre peut être disposée, directement ou non, à l'intérieur d'un tube creux ou à l'extérieur d'un barreau, de matériau choisi afin de réaliser la condition relative aux indices de gaine et de coeur de la fibre et par lui-même transparent, la poudre étant dans tous les cas finalement frittée, c'est-à-dire agglomérée par la chaleur, le frittage sur le barreau pouvant être précédé par un pressage isostatique de la poudre, en lui-même connu (enveloppement plongé dans un liquide hydraulique sous pression), sur le tube ou sur le barreau.

On a représenté à titre d'exemple à la Fig. 4 un tube de verre de silice transparente 11 constituant la région de gaine et à l'intérieur une poudre de verre de silice 12 finalement frittée constituant la région de coeur. On sait que dans une telle structure de préforme :

- la gaine peut être constituée par de la silice pure et le coeur par de la silice dopée par un oxyde d'un métal tel que le germanium ou le titane,
- la gaine peut être constituée par de la silice dopée par un oxyde de bore et le coeur par de la silice pure.

Mais la préforme toute entière peut être constituée par des poudres de matériaux de natures déterminées et de proportions déterminées, de façon à réaliser l'inégalité des indices (cas non

représenté), ces poudres étant compactées par pressage isostatique, au besoin sous vide, successivement, celle de coeur d'abord, celle de gaine ensuite par-dessus la précédente, l'ensemble étant finalement fritté.

- 5 On peut même réaliser en plus des régions de coeur et de gaine, une région périphérique en poudre d'un matériau déterminé, qui puisse être fibré conjointement avec les autres constituants mais d'indice quelconque puisque cette couche n'aura dans la fibre finie qu'un rôle de protection - l'ensemble étant finalement encore une fois fritté-.
- 10

On a représenté à titre d'exemple à la Fig. 4 une préforme comportant une région de coeur 12 en poudre de verre de silice non dopée, une région de gaine 11 en poudre de verre de silice dopée au trioxyde de bore et une région périphérique 13 en silice pure.

15

- Dans l'une quelconque des formes de réalisation de préformes décrites ci-dessus, on peut prendre certaines mesures pour que la fibre finie accuse un gradient d'indice de réfraction au passage de la région de coeur à celle de gaine,
- 20 - soit en réalisant ce gradient d'indice dès la fabrication de la préforme, en s'arrangeant pour que la ou les régions constituées par de la poudre soient réalisées progressivement par couches superposées d'indices variant de l'une à l'autre suivant les besoins,
- 25 - soit en ne réalisant ce gradient d'indice qu'au moment de l'étirage, l'apport d'énergie lors du chauffage de la préforme étant réalisé de façon à obtenir une diffusion des impuretés créant le gradient cherché.

Ces deux types de mesures peuvent d'ailleurs être appliqués successivement.

REVENDECATIONS

1.- Procédé de fabrication d'un guide d'onde optique ou fibre optique par étirage d'une préforme comportant une région de coeur et une région de gaine telles que l'indice de réfraction de la première soit supérieur à celui de la seconde, caractérisé en ce que l'on part d'une préforme telle que l'un au moins des matériaux constitutifs des régions de coeur et de gaine est doté dans la préforme d'un état physique le rendant translucide, c'est-à-dire capable d'absorber la lumière et en ce que l'on porte l'extrémité de cette préforme à la température voulue pour qu'elle acquière la viscosité permettant l'étirage en l'avancant progressivement dans l'étroite zone chaude d'un four à concentration d'énergie optique.

2.- Four d'étirage permettant la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est du type four à image, une source de lumière telle qu'une lampe à arc étant disposée en un premier foyer du four et l'extrémité de la préforme à étirer à l'autre foyer.

3.- Four d'étirage permettant la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est constitué par plusieurs lasers, par exemple ^{au} bioxyde de carbone, disposés radialement autour de ladite zone chaude.

4.- Four d'étirage selon la revendication 2 et constitué par deux miroirs elliptiques dont un miroir-source et un miroir-image, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon que l'axe du miroir-image soit horizontal et que l'étirage se fasse dans le sens vertical descendant.

5.- Four d'étirage selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon que l'axe du miroir-image soit horizontal et que l'étirage se fasse dans le sens vertical ascendant.

6.- Four d'étirage selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon que l'axe du miroir-image soit vertical et que l'étirage se fasse dans le sens vertical ascendant à travers une ouverture percée dans ce miroir-image.

7.- Four d'étirage selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'il est pourvu d'une enveloppe étanche de manière à pouvoir faire l'étirage sous atmosphère contrôlée, notamment sous vide.

8.- Préforme permettant la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que la région de gaine est constituée par un tube en matériau transparent et la région de coeur par une poudre de matériaux déterminés en proportions déterminées de façon à réaliser avec le matériau de gaine la relation d'inégalité voulue entre les indices de réfraction des régions de coeur et de gaine.

9.- Préforme permettant la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que la région de coeur est constituée par un barreau^{en matériau}/transparent et la région de gaine par une poudre de matériaux déterminés en proportions déterminées de façon à réaliser avec le matériau de coeur la relation d'inégalité voulue entre les indices de réfraction des régions de coeur et de gaine.

10.- Préforme permettant la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que le coeur est constitué par une poudre compactée de matériaux déterminés en proportions déterminées, la région de gaine étant constituée par une poudre de matériaux déterminés en proportions déterminées, de manière à réaliser la relation d'inégalité voulue entre les indices de réfraction des deux régions, celle-ci étant compactée autour de la première.

11.- Préforme selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que les matériaux non transparents constituant la région de coeur (ou de gaine) sont obtenus par dépôt direct sur la face intérieure (ou extérieure) du tube de gaine (ou du barreau de coeur).

12.- Préforme selon l'une des revendications 8 et 9, caractérisée en ce que les matériaux non transparents constituant la région de coeur (ou de gaine) sont obtenus par dépôt préalable sur une surface convenable, puis introduits à l'intérieur du tube de gaine (ou appliqués sur le barreau de coeur).

13.- Préforme selon la revendication 12, caractérisée en ce que les matériaux non transparents rapportés constituant la région de coeur sont compactés puis frittés et finalement introduits dans le tube de gaine.

14.- Préforme selon la revendication 12, caractérisée en ce que les matériaux non transparents rapportés constituant la région

de gaine sont compactés sur le barreau constituant la région de coeur puis frittés.

15.- Préforme selon l'une des revendications 10, 13 et 14, caractérisée en ce que le compactage des poudres formant la région de coeur (ou de gaine) (ou de coeur et de gaine) est réalisé par pressage isostatique, au besoin sous vide.

16.- Préforme selon la revendication 8, caractérisée en ce que la région de gaine est constituée par un tube en verre de silice fondue renfermant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées et la région de coeur par une poudre de verre de silice renfermant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées mais de façon à réaliser la relation d'inégalité voulue entre les indices de réfraction des deux régions, cette poudre de verre de silice étant obtenue par réactions connues de dépôt pulvérulent à partir d'une phase gazeuse et finalement frittée dans le tube.

17.- Préforme selon la revendication 9, caractérisée en ce que la région de coeur est constituée par un barreau en verre de silice fondue renfermant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées et la région de gaine par une poudre de verre de silice renfermant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées, mais de façon à réaliser la relation voulue d'inégalité entre les indices de réfraction des deux régions, cette poudre de verre de silice étant obtenue par réactions connues de dépôt pulvérulent à partir de phases gazeuses et finalement frittée sur le barreau.

18.- Préforme selon la revendication 10, caractérisée en ce que la région de coeur est constituée par une poudre de verre de silice contenant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées et compactée, la région de gaine par une poudre de verre de silice contenant ou non des impuretés déterminées en proportions déterminées de façon à réaliser la relation voulue d'inégalité entre les indices de réfraction des deux régions et compactée autour de la première, les deux poudres de verre étant obtenues par réactions connues de dépôts pulvérulents à partir de phases gazeuses, et l'ensemble étant finalement fritté.

19.- Préforme selon l'une des revendications 8 à 18, caractérisée en ce que la région de gaine est entourée par une région périphérique de protection constituée par un matériau compatible

avec les constituants de la gaine et du coeur au point de vue des caractéristiques de fibrage.

20.- Préforme selon l'une des revendications 8 à 19, caractérisée en ce que la ou les régions constituées par de la poudre
5 de matériaux déterminés en proportions déterminées sont réalisées progressivement par couches superposées accusant un gradient d'indice de réfraction.

21.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que
l'apport d'énergie lors du chauffage de la préforme est réalisé
10 en une zone cylindrique de rayon prédéterminé, de façon à obtenir par diffusion lors de l'étirage un gradient d'indice de réfraction.

FIG. 1

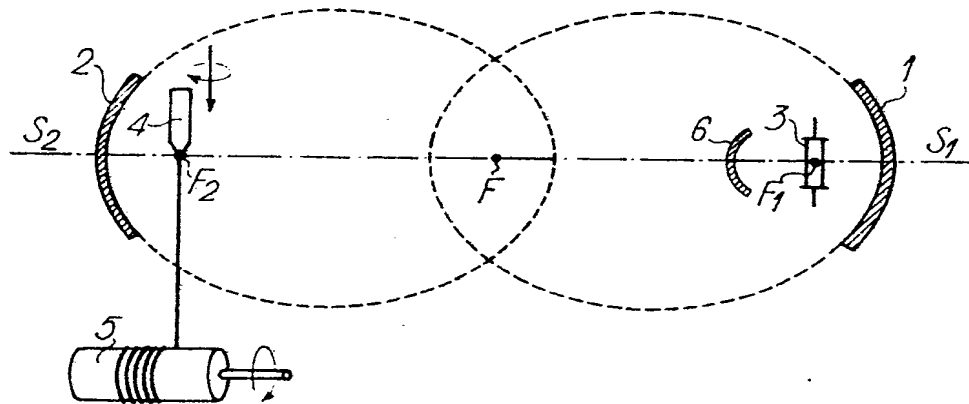


FIG. 3

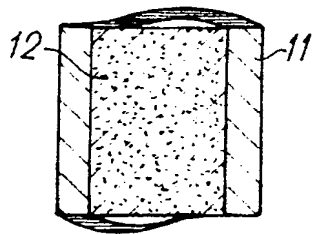


FIG. 4

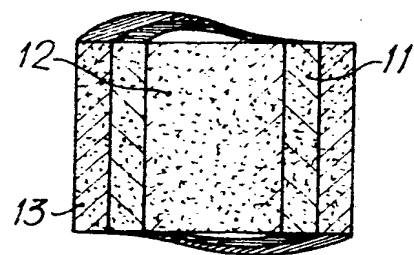
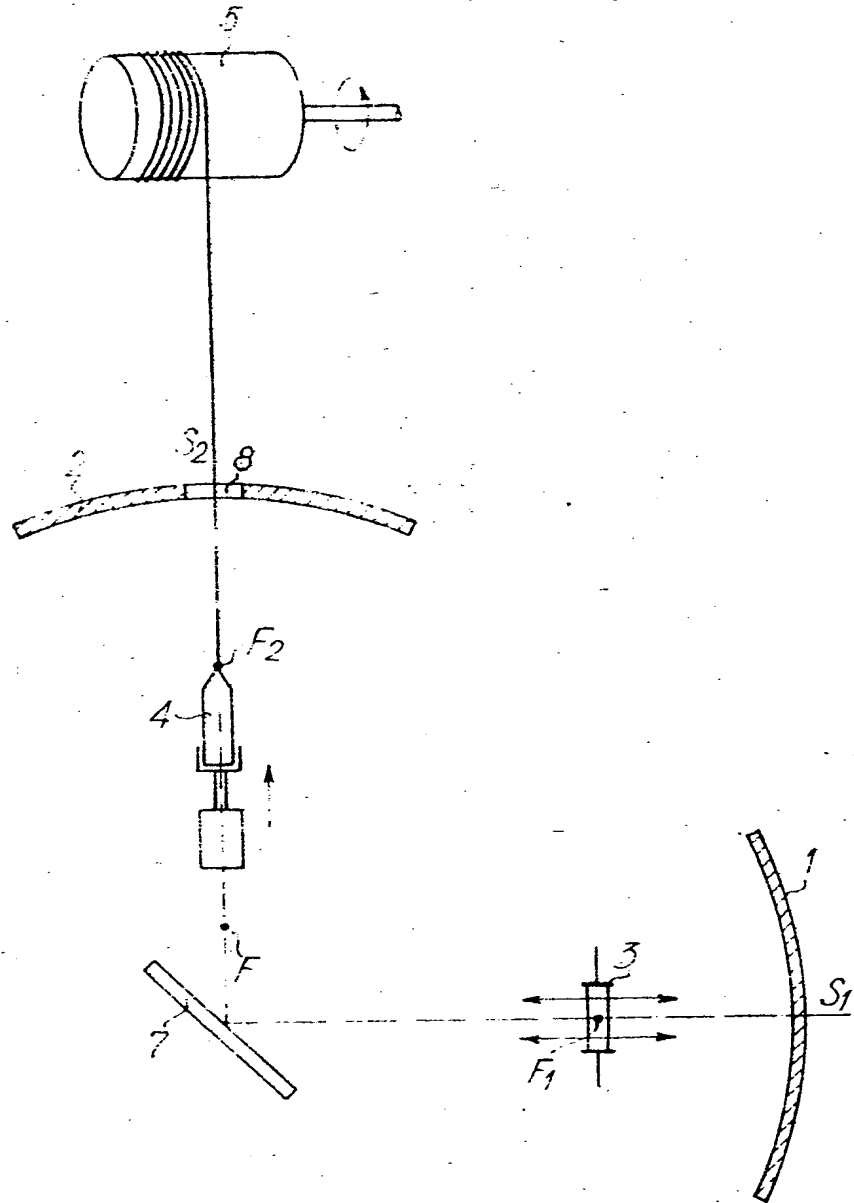


FIG.2



BAD ORIGINAL